

**13,8 miljard jaar in een notendop**



# **13,8 miljard jaar in een notendop**

van materie tot kennis

*over het ontstaan van materie, leven  
en een brein dat bewuste kennis mogelijk maakt*

Klaas Schonenberg

© Klaas Schonenberg 2022

Omslagontwerp en opmaak binnenwerk:



Druk en distributie: Brave New Books

ISBN: 9789464656596

NUR: 911, 917, 949, 922

THEMA: PDZ, PG, PSAJ, PSAN

# Inhoud

<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>1 Ontstaan van het heelal en de materie</b>	<b>5</b>
1.1 Kijken naar de sterren	5
1.2 Het ontstaan van het heelal, de sterren en materie	7
1.3 Het Periodiek Systeem der Elementen	10
1.4 Elementen voor het leven	12
<b>2 Leven op aarde</b>	<b>15</b>
2.1 Ontstaan van leven	15
2.2 Zelfconstructie, zelfbehoud en zelfregulatie	17
2.2.1 Zelfconstructie	17
2.2.2 Zelfbehoud	19
2.2.3 Zelfregulatie	21
2.2.3.1 Dynamisch evenwicht	21
2.2.3.2 Stofwisseling	22
<b>3 Overleven en evolutie</b>	<b>27</b>
3.1 Celdeling	27
3.1.1 Groei en herstel	27
3.1.2 Voortplanting	28
3.2 Mutaties en aanpassing	28
3.2.1 Momentane aanpassing	30
<b>4 Informatie en communicatie op celniveau</b>	<b>33</b>
4.1 Signaalmoleculen	33
4.1.1 Hormonen	34
4.2 Elektrische signalen	35
4.2.1 De cel als 'batterij'	35
4.2.2 De zenuwcel	36
4.2.3 Neurale netwerken	40
4.2.4 Coördinatie	41
<b>5 Hersenwerk</b>	<b>43</b>
5.1 Evolutie van de hersenen	43
5.2 De ontwikkeling van de hersenen bij de mens	44
5.3 Organisatie en functies van de hersenen	44
<b>6 Het gehoor</b>	<b>49</b>
6.1 Het oor	49
6.2 Naar de auditieve schors	50
<b>7 Het visuele systeem</b>	<b>57</b>
7.1 Het oog	57
7.1.1 De bouw van het oog	57
7.1.2 Het netvlies	58
7.2 Naar de visuele schors	60
7.2.1 De primaire visuele schors	60
7.3 Voorbij de primaire visuele schors	63
7.4 Optische illusies	64
<b>8 De motoriek</b>	<b>67</b>
8.1 De aansturing van de motoriek: onwillekeurig en willekeurig	67
8.2 De willekeurige motoriek	67

8.2.1	De primaire motorische schors	67
8.2.2	Het supplementair motorisch gebied	68
8.2.3	De premotorische schors	69
8.2.4	Anterieurecingulate cortex	70
8.2.5	De rechter onderste voorhoofdswinding	70
8.2.6	De pariëtale schors	70
8.2.7	De kleine hersenen	71
8.2.8	De basale ganglia	71
8.3	Vooruitkoppelen en terugkoppelen	72
8.4	Ontwerpen, vooruitkijken en plannen	72
<b>9</b>	<b>Geheugen en leren</b>	<b>75</b>
9.1	Geheugenfuncties	75
9.1.1	Kortetermijngeheugen	75
9.1.2	Langetermijngeheugen	76
9.2	Het expliciete geheugen	77
9.2.1	De stadia van het expliciete geheugen	77
9.2.2	Herinneren en vervormen	77
9.3	De biologische basis van het expliciete geheugen	78
9.3.1	Het werkgeheugen	78
9.3.2	Het langetermijngeheugen	79
9.3.3	Structurele veranderingen	79
9.4	Leren	82
9.4.1	Impliciet leren	82
9.4.2	Expliciet leren	82
9.4.3	Van expliciet naar impliciet	83
<b>10</b>	<b>Denken en bewustzijn</b>	<b>85</b>
10.1	Denken	85
10.1.1	Patronen	85
10.1.2	Begrippen	86
10.1.3	Taalloos denken	86
10.1.4	Taalloos denken bij kinderen	87
10.2	Kijken in de hersenen	88
10.3	Bewustzijn	88
10.4	Het kernbewustzijn	90
<b>11</b>	<b>Taal en reflectief bewustzijn</b>	<b>95</b>
11.1	Denken en taal	95
11.2	Denken met en zonder taal	98
11.3	De toename van kennis en informatie	98
11.3.1	Het schrift	98
11.3.2	Een vloedgolf aan kennis	99
11.3.3	De informatieberg	100
11.3.4	De weg vinden	101
<b>Nawoord</b>		<b>103</b>
<b>Bijlagen</b>		<b>105</b>
Bijlage 1	de namen van de elementen	105
Bijlage 2	<i>The Cambridge Declaration on Consciousness</i>	106
Geraadpleegde literatuur		109
Verantwoording afbeeldingen		113

## Inleiding

Alle stoffen in ons lichaam zijn afkomstig van sterren. Niet alleen ons lichaam, maar de hele aarde en alles wat zich daarop bevindt, bestaat uit materie die van sterren afkomt. De mens is echter het enige wezen op aarde die dit weet, daarover na kan denken en kan uitleggen. Zo weten we dat de materie gevormd wordt door fusieprocessen in sterren. In dit boek wordt de lange geschiedenis vanaf het ontstaan van materie tot en met het ontstaan van bewustzijn en taal beschreven. Deze geschiedenis kenmerkt zich door een combinatie van wetmatigheden en toeval. Bij de vorming van sterrenstof spelen de wetten van de zwaartekracht een belangrijke rol, terwijl het ontstaan van leven te danken is aan toevallig ontstane gunstige omstandigheden, met de juiste combinatie van in warm water opgeloste stoffen. Maar aan het leven zelf liggen dezelfde chemische en natuurkundige wetmatigheden ten grondslag die in het heelal heersen. Toeval is de onverwachte combinatie van deze wetmatigheden in een concrete situatie. Als op een bepaald moment niet de juiste stoffen in de juiste omstandigheden bij elkaar waren gekomen, was er geen leven ontstaan, of misschien wel een heel andere vorm van leven. Omdat overal dezelfde wetmatigheden gelden, kunnen levensvormen zich aan hun omgeving aanpassen. Dat begint al met het innemen van voedsel, dat een bepaalde samenstelling kent. Een samenstelling die in het lichaam met behulp van chemische reacties afgebroken wordt tot voor het organisme geschikte stoffen. Vervolgens zorgen andere chemische reacties ervoor dat uit deze stoffen andere stoffen gevormd worden die voor het lichaam noodzakelijk zijn. En het afval dat een organisme uitscheidt, kan weer als mest voor planten dienen. Zo ontstaan cyclische processen, kringlopen van afbraak en opbouw. Een dergelijke kringloop kenmerkt ook de evolutie, een kringloop tussen voortplanting en veranderingen in de omgeving. Bij de voortplanting doen zich kopieerfoutjes voor, waardoor nakomelingen net iets anders zijn dan hun ouders. Doordat de omgeving ook verandert kan het zo uitkomen, ook weer bij toeval, dat sommige nakomelingen beter afgestemd zijn op die veranderde omgeving. Hierdoor hebben zij een grotere overlevingskans dan hun ouders of andere nakomelingen.

Dit is de basis van de evolutie. Het is een oud proces, ontstaan vanaf de allereerste levensvormen, naar schatting zo'n 4 miljard jaar geleden. Dat proces heeft geleid tot een grote verscheidenheid aan planten diersoorten. Ongeveer 100 miljoen jaar geleden ontstonden de eerste zoogdieren en 70 miljoen jaar geleden verschenen de eerste aapachtigen. Veel later, 6 á 7 miljoen jaar geleden, splitsten de mensachtigen zich af van de aapachtigen. Uit deze afsplitsing ontstond, ongeveer 2 miljoen jaar geleden, de moderne mens, de homo sapiens.

De evolutie van de homo sapiens kenmerkt zich door een sterke vergroting van de herseninhoud, het uitvinden en gebruiken van allerlei gereedschap, een sterke toename van de onderlinge communicatie, noodzakelijk voor samenwerking, en het ontwikkelen van taal. Met de taal ontwikkelde zich ook het bewustzijn tot een bewustzijn waarmee de mens niet alleen over gebeurtenissen kan nadenken, maar deze gedachten ook kan beschrijven om daar weer over na te kunnen denken. De mens kan reflecteren op gebeurtenissen en op zijn eigen denken en handelen.

Dit boek is bestemd voor geïnteresseerde leken en is ontstaan naar aanleiding van de gelijknamige cursus<sup>1</sup>. Het niveau is vergelijkbaar met dat van de wetenschapbijlagen bij de krant en van populairwetenschappelijke tijdschriften. Men hoeft verder geen voorkennis te hebben om de tekst te kunnen volgen. Wetenschappelijke termen worden zoveel mogelijk uitgelegd, vaak ook met de oorspronkelijke betekenis in het Grieks of Latijn, afhankelijk waar de term van is afgeleid. Naast de hoofdttekst zijn er zogenaemde vensters, aparte kaders met extra informatie. Deze kaders kunnen ook worden overgeslagen zonder dat dit ten koste gaat van de lijn van de hoofdttekst.

---

<sup>1</sup> Voor informatie over deze cursus: mail naar 13.8miljardjaar@gmail.com (*geen komma maar 2 punten*).

Het boek is als volgt opgebouwd:

Hoofdstuk 1 gaat over het ontstaan van het heelal en de materie. Het eerste element dat ontstond is waterstof. Grote wolken daarvan kunnen zich zo sterk samentrekken dat er sterren ontstaan. In sterren vinden fusieprocessen plaats waarbij uit waterstof zwaardere elementen worden gevormd. Deze elementen (atoomsoorten) kunnen op basis van hun chemische eigenschappen geordend worden in het Periodiek Systeem. De chemische eigenschappen bepalen de bindingsmogelijkheden van atomen om moleculen te vormen, ook moleculen die van belang zijn voor levende organismen.

Het onderwerp van hoofdstuk 2 is het ontstaan van leven op aarde en de principes die kenmerkend zijn voor leven. Een van die principes is een regelsysteem dat ervoor zorgt dat er een dynamisch evenwicht gehandhaafd blijft. Alleen binnen de grenzen van dit evenwicht is leven mogelijk. Ook komt de stofwisseling aan de orde en de vorming van eiwitten, die belangrijke bouwstoffen voor het dierlijk leven zijn.

Hoofdstuk 3 gaat over de voortplanting en evolutie. De evolutie heeft onder meer geleid tot diersoorten waarvan de individuele leden in staat zijn om flexibel te reageren op veranderingen: de momentane aanpassing. Hierdoor kunnen zij hun overlevingskans vergroten. Ook zijn er steeds complexere diersoorten ontstaan, van meercelligen tot soorten die uit gespecialiseerde cellen en organen bestaan. Alle activiteiten van deze cellen en organen moeten op elkaar worden afgestemd en met elkaar worden gecoördineerd.

Daarvoor is een uitgebreid systeem van informatie-uitwisseling noodzakelijk, het onderwerp van hoofdstuk 4. Dieren kennen twee soorten communicatiesystemen: chemisch en elektrisch. Een voorbeeld van een chemisch communicatiesysteem is het hormoonsysteem; een voorbeeld van een elektrochemisch systeem is het zenuwstelsel. Beide systemen komen in dit hoofdstuk aan de orde.

Hoofdstuk 5 gaat over de ontwikkeling en opbouw van de hersenen. Hersencellen vormen netwerken met elkaar die ieder een bepaalde functie vervullen. Zo bestaan de hersenen uit verschillende functionele gebieden, zoals gebieden waar de visuele en auditieve informatie wordt verwerkt. Er zijn ook gebieden waar die informatie met andere informatie wordt verbonden en opgeslagen, de zogenoemde associatiegebieden. Weer andere gebieden houden zich bezig met de motoriek en de vorming van geheugen. In dit hoofdstuk wordt ook ingegaan op de zelfwaarneming. Een hoofdtaak van de hersenen is om alle binnenkomende informatie met elkaar te integreren tot een geheel.

In hoofdstuk 6 wordt het gehoor besproken. Wat is geluid en hoe wordt dat omgezet in zenuwpulsen en verwerkt tot het geluid dat wij horen? Het blijkt dat geluid door gespecialiseerde cellen uiteengerafeld wordt in bepaalde eigenschappen, terwijl elders in de hersenen deze eigenschappen weer geïntegreerd worden tot een geheel.

In hoofdstuk 7 komt het visuele systeem aan de orde en wordt beschreven hoe uit het licht dat op het netvlies van het oog valt, uiteindelijk een mentaal beeld wordt gevormd. Net zoals bij het gehoor verwerken gespecialiseerde cellen eigenschappen van het licht dat het netvlies bereikt. Vervolgens worden ook hier deze uiteengerafelde eigenschappen weer tot een geheel geïntegreerd. Daarbij structureert het visuele systeem de waarnemingen op basis van eerdere waarnemingen. Zo worden bijvoorbeeld onvolledige beelden aangevuld. Voordeel hiervan is dat objecten sneller herkend worden, zoals een roofdier dat gedeeltelijk zichtbaar is. De structuur van de waarneming kan door optische illusies worden aangetoond.



Na de visuele waarneming komt in hoofdstuk 8 de motoriek aan de orde, met de nadruk op de motoriek die met de wil kan worden aangestuurd. De verschillende motorische hersengebieden en hun functies worden beschreven. Belangrijk element bij de aansturing van de motoriek is het vooruitkijken: het doel dat bereikt moet worden, zoals voedsel, ligt in de nabije toekomst. Een dier moet daarvoor op de een of andere manier in de toekomst kijken om te kunnen bepalen hoe dat doel bereikt kan worden. Het zal over een vorm van mentale voorstellingen beschikken om een doelgerichte beweging in gang te zetten. Een dergelijke mentale voorstelling vormt de basis voor bewustzijn.

Geheugen en leren, de onderwerpen van hoofdstuk 9, zijn de belangrijkste ingrediënten voor flexibel, aanpasbaar gedrag. De verschillende vormen van geheugen en leren worden beschreven en de manier waarop herinneringen in de hersenen worden opgeslagen. Een belangrijk deel van het geheugen is het werkgeheugen, dat actuele waarnemingen verbindt met herinneringen en emoties. Het werkgeheugen legt daarmee de basis voor mentale voorstellingen en bewustzijn.

Hoofdstuk 10 gaat over kennis en bewustzijn. De hersenen zijn gericht op het herkennen van patronen en overeenkomsten. Hierdoor vormen zich begrippen op basis van overeenkomstige eigenschappen van verschillende waarnemingen en herinneringen. Deze begrippen vormen de elementen van het denken, dat voortdurend relaties legt tussen deze begrippen en nieuwe situaties. Ook dieren kennen deze vorm van denken, dat zonder taal plaatsvindt. Dieren beschikken wel over een vorm van bewustzijn: het kernbewustzijn.

Hoofdstuk 11 laat zien dat met de ontwikkeling van de taal het kernbewustzijn bij de mens uitgebreid is met het reflectief bewustzijn, het kunnen nadenken over zichzelf en de omgeving. Dankzij de taal is de mens ook in staat om zich denkprocessen bewust te worden door deze te beschrijven. Hierdoor is de bewuste kennis van de mens enorm toegenomen, een toename die extra vergroot is door het schrift, dat tijd en ruimte kan overbruggen.

#### Dankwoord

Graag wil ik twee personen bedanken voor de vele discussies die ik met hen over dit onderwerp heb kunnen voeren: Christian Wabl, directeur van de Grüne Akademie in Graz, inmiddels gepensioneerd, en, gedurende een kortere periode, Gernot Supp, die destijds neurobiologie studeerde. Verder ben ik mijn levenspartner, Ankephien van Tijen, zeer dankbaar voor het nauwkeurig doorlezen en bekritisieren van de oorspronkelijke tekst. Mijn grote dank gaat ook uit naar mijn dochter Lisa Schonenberg voor het becommentariëren van de voorlaatste versie.



# 1 Ontstaan van het heelal en de materie

## 1.1 Kijken naar de sterren

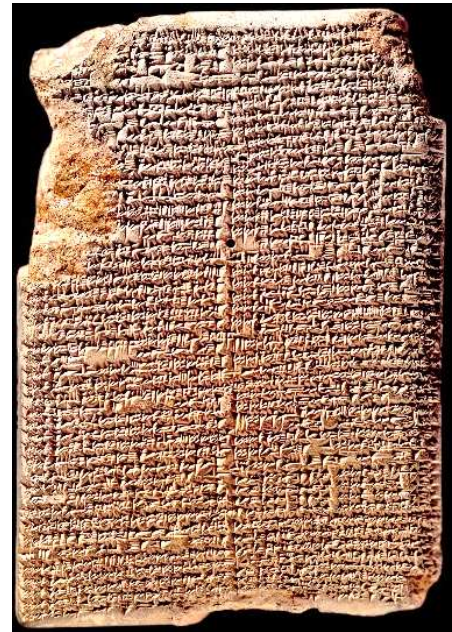
Mensen hebben al eeuwenlang de hemel met zijn sterren en planeten bestudeerd, zoals de Babyloniërs (1800 – 539 voor Christus), waaraan we onze 60-tallige tijdsindeling hebben te danken. De regelmatige verandering van de positie van de zon leverde de tijdsindeling op en de kalender ontstond op basis van het dag en nachtritme, gecombineerd met de posities van de zon en de maan. Regelmatig stonden dezelfde sterren en sterrenbeelden op eenzelfde plek aan de hemel. Dan wist men dat er weer een jaar voorbij was.

Zo kon de tijd geregistreerd en kalenders samengesteld worden. Tussen de hemelse en aardse tijdsindeling bestaat een vanzelfsprekend verband doordat de aarde én om zijn eigen as draait én in een jaar een baan om de zon beschrijft. Dat de schijnbare draaiing van de hemel het resultaat is van de bewegingen van de aarde was in vroeger tijden niet gangbaar in het denken over de wereld en het heelal.

In de middeleeuwen was het de katholieke kerk die vasthield aan het idee dat de aarde het centrale middelpunt van het heelal is, als hoogverheven en goddelijke plaats voor het hoogste der schepping, namelijk de mens, waar alles letterlijk om draait. Omdat men destijds weinig afwist van de afstanden

in het heelal en men de aarde niet zelf voelde bewegen, kon men vasthouden aan het idee dat de planeten en sterren in cirkelvormige banen, sferen genoemd, rond de aarde bewegen. Sterren, waarvan later een groot aantal hele sterrenstelsels bleken te zijn, draaiden in 24 uur om de stilstaande aarde. Daarnaast verplaatste de gehele hemel zich jaarlijks in een grote cirkel om de aarde.

Nu de afstanden tot de sterren en sterrenstelsels bekend zijn weten we dat het uitgangspunt van een stilstaande aarde leidt tot absurde snelheden waarmee sterren om de aarde zouden moeten draaien om in 24 uur een rondje te maken. En hoe verder de sterren van de aarde verwijderd zijn, des te sneller moeten ze gaan om na een etmaal hun plek weer te kunnen innemen. Het uitgangspunt van de aarde als stilstaand middelpunt van het heelal werd vanaf de Renaissance (14<sup>e</sup> – 17<sup>e</sup> eeuw) door onder meer Copernicus en Galilei verlaten. Een hemels model waarbij de aarde om de zon en om zijn eigen as draait, bleek veel makkelijker in overeenstemming te brengen met de waarnemingen. Met de komst van nieuwe en nauwkeurigere instrumenten, zoals de telescoop, nam het aantal waarnemingen en de nauwkeurigheid daarvan toe. Deze waarnemingen vormden de basis voor de uiteindelijke acceptatie, ook door de katholieke kerk, dat de aarde geen stilstaande bol in het middelpunt van het heelal is. Door de verdere technologische ontwikkelingen bleven de ontdekkingen over het heelal toenemen. Deze ontwikkelingen hebben uiteindelijke satellieten, ruimtevaartuigen, ruimtesondes, marswagentjes en ruimtetelescopen opgeleverd. Zo ontdekte men bijvoorbeeld dat veel schijnbare sterren in werkelijkheid ver afgelegen grote sterrenstelsels zijn. Onze zon is een ster die deel uitmaakt van het Melkwegstelsel, zo genoemd omdat tijdens een donkere, heldere hemel dit stelsel te zien is als een band van witte nevel.



1. Een Babylonisch tablet met een astronomische kalender in spijkerschrift, 1000 jaar voor het begin van de jaartelling.

Het dichtstbijzijnde naburige sterrenstelsel is de Andromedanevel, die tussen de 2,3 en 2,5 miljoen lichtjaar<sup>1</sup> van ons is verwijderd.

In de eerste helft van de vorige eeuw ontdekten sterrenkundigen, waaronder Edwin Hubble<sup>2</sup> (1889 – 1953), dat alle sterrenstelsels uit elkaar drijven. Dat namen zij als volgt waar. Sterrenlicht bestaat uit vele lichtgolven van verschillende golflengtes. Een golflengte is de afstand vanaf een bepaalde punt tot het punt waarop de golf zich herhaalt. Bijvoorbeeld de afstand tussen de ene top en de daaropvolgende top. Zie ook figuur 2. De verschillende golflengtes van licht zien wij als kleuren. Blauw licht heeft een kortere golflengte dan rood

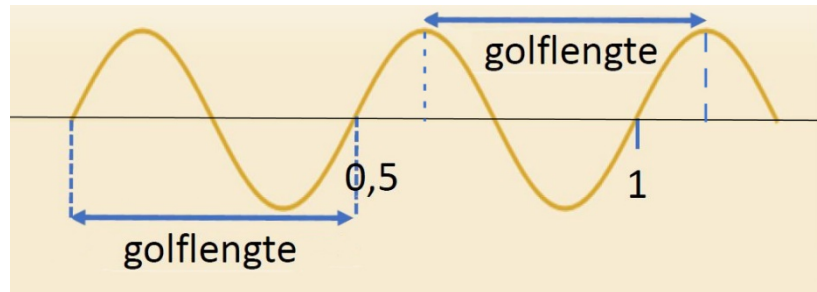
licht. Het licht van sterrenstelsels dat Hubble door de telescoop zag was roodachtig, wat betekent dat de kleuren van dat licht meer naar rood waren verschoven, naar de langere golflengtes.

Dit verschijnsel staat bekend als het dopplereffect.

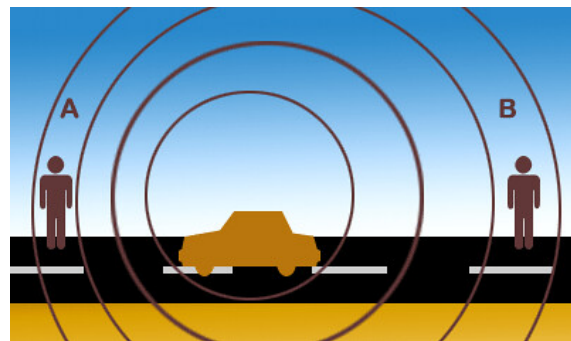
Dit effect nemen we ook in het dagelijks leven waar bij geluid dat beweegt: als een ziekenwagen met loeiende sirene naar ons toe rijdt, horen we de tonen van die sirene hoger dan wanneer de ziekenwagen ons gepasseerd is en van ons vandaan rijdt. Bij de naderende sirene volgen de pieken en dalen van de geluidsgolven elkaar sneller op: zij worden in elkaar gedrukt waardoor de golflengte korter wordt. Een kortere golflengte horen wij als een hogere toon. Zodra de sirene zich van ons verwijderd bereiken de opeenvolgende pieken en dalen ons steeds iets later. Elke piek of dal moet daardoor een grotere afstand afleggen dan de voorafgaande om ons te bereiken. De opeenvolgende pieken en dalen worden nu iets uit elkaar getrokken, de golflengte wordt daardoor langer wat we horen als een lagere toon. Zie figuur 3. Het dopplereffect treedt ook op bij licht. Als de lichtbron zich van ons verwijderd, worden de opeenvolgende pieken en dalen van de lichtgolf meer uit elkaar getrokken en wordt de golflengte langer.

Een langere golflengte betekent voor ons dat de kleur van het licht meer naar het rood (de langere golflengtes) gaat, vandaar de naam 'roodverschuiving'. Als sterrenstelsels zich naar ons toe zouden bewegen, zouden de golflengtes korter worden en meer naar het blauw (kortere golflengtes) toe gaan. We zouden dan spreken van blauwverschuiving.

Het korter of langer worden van de golflengtes van sterren en sterrenstelsels kunnen we meten doordat het licht afkomstig is van atomen die door de sterren verhit zijn. Elke atoomsoort zendt daarbij een bepaalde, kenmerkende serie kleuren uit, een kleurspectrum dat bestaat uit meerdere spectraallijnen. Deze lijnen vormen een unieke streepjescode. Zie figuur 4 en 5. Op deze manier kunnen we ook achterhalen uit welke stoffen de sterren bestaan. Het uitgestraalde licht bestaat immers uit de



2. De golflengte is de afstand tussen de punten waarop de golf zich herhaalt.



3. Het dopplereffect: de auto rijdt naar A toe, de opeenvolgende geluidsgolven volgen elkaar sneller op, waardoor de toon hoger wordt. De auto rijdt bij B vandaan, de afstand tussen de opeenvolgende golven wordt groter. De toon is voor B lager.

<sup>1</sup> Een lichtjaar is de afstand dat het licht in één jaar aflegt en komt overeen met 9461.000.000.000 km.

<sup>2</sup> Naar hem is de Hubble-ruimtetelescoop vernoemd.